

Produção de Conteúdos Multimédia

O Áudio

Produção de Conteúdos Multimédia

Tópico:

- ❑ Características do som

Propriedades Físicas do Som

Som

- ☐ Efeito audível produzido por movimentos de corpos vibratórios.

Audição

- ☐ Resultado da percepção de flutuações periódicas da pressão num meio (normalmente o ar).

Propriedades Físicas do Som

As vibrações sonoras:

- ❑ propagam-se como ondas de pressão atmosférica;
- ❑ convertidas em sinais elétricos por **transdutores**;
- ❑ **transdutores** - elétrico para acústico – alto-falantes;
- ❑ **transdutores** - acústico para elétrico – microfones.

Propriedades Físicas do Som

Representação analógica do som:

- ☐ propagada como sinais elétricos;
- ☐ armazenada como sinais magnéticos;
- ☐ sujeita à contaminação por ruído em todas as transformações.

Propriedades Físicas do Som

As vibrações sonoras:

- ❑ potência proporcional ao quadrado da amplitude das vibrações;
- ❑ **forma mais simples** - onda senoidal.

Fato matemático importante → formas complexas de vibração sonora podem ser sintetizadas como combinação de ondas senoides (em geral).

Propriedades Físicas do Som

Parâmetros perceptuais do som

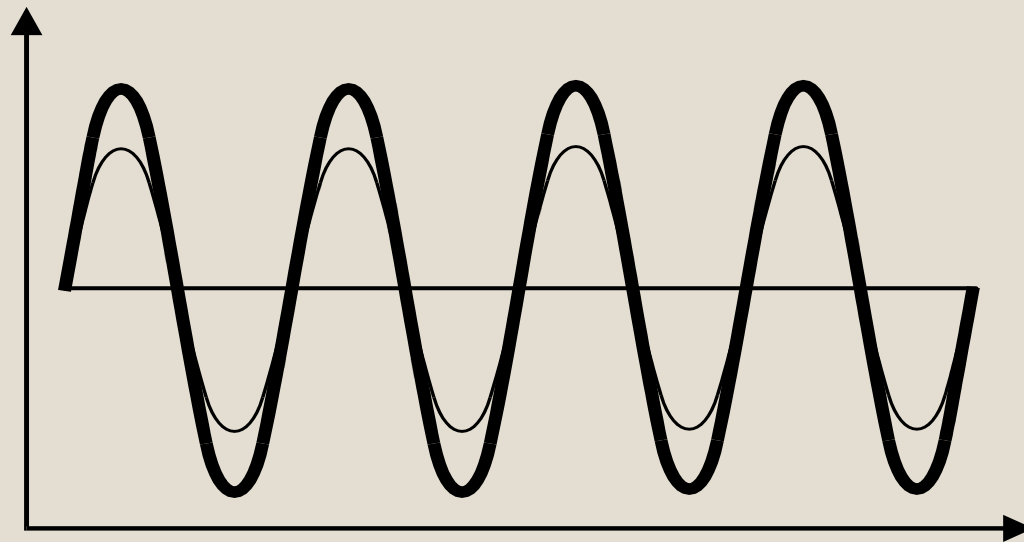
- ❑ **Intensidade:** percepção da amplitude e da energia.
 - Propriedade do som de ser fraco ou forte.
- ❑ **Altura:** percepção da frequência fundamental.
 - Propriedade do som de ser grave ou agudo.
- ❑ **Fase:** normalmente impercetível.
- ❑ **Timbre:** percepção da complexidade.
 - Permite reconhecer a origem do som.

Propriedades Físicas do Som

A Intensidade

- Representação da amplitude da vibração sonora – potência acústica entregue pelo sinal.

Amplitude



Diferentes amplitudes

Tempo

Propriedades Físicas do Som

A Intensidade

- ❑ Percepção do ouvido não é linear em relação à potência – logarítmica.
- ❑ Som de intensidade duas vezes maior - cerca de dez vezes mais potência.
- ❑ Faixa dinâmica do ouvido humano – razão entre a maior potência e a menor potência perceptíveis.
- ❑ Unidade de medida de potência sonora – decibéis (dB)

Propriedades Físicas do Som

Potência de sons típicos.

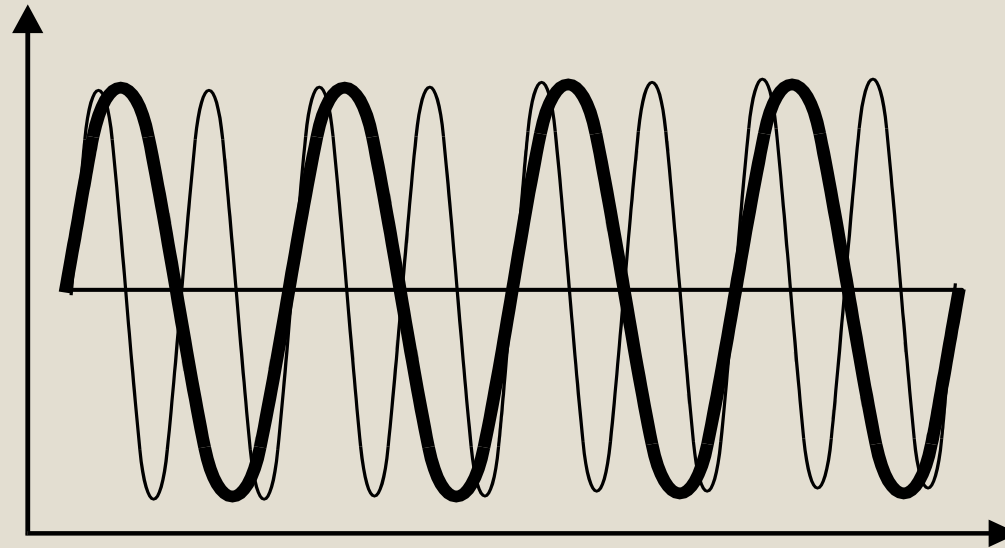
Qualidade do Som	Decibéis	Tipo de Ruído
Muito baixo	0-20	farfalhar das folhas
Baixo	20-40	conversação silenciosa
Moderado	40-60	conversação normal
Alto	60-80	ruído médio de fábrica ou trânsito
Muito alto	80-100	apito de guarda e ruído de caminhão
Ensurdecedor	100-120	ruído de discoteca e de avião descolando

Propriedades Físicas do Som

A Altura

- ❑ A frequência fundamental define a altura (*pitch*) do som – Hz (ciclos/segundo)

Amplitude



Diferentes frequências

Tempo

Propriedades Físicas do Som

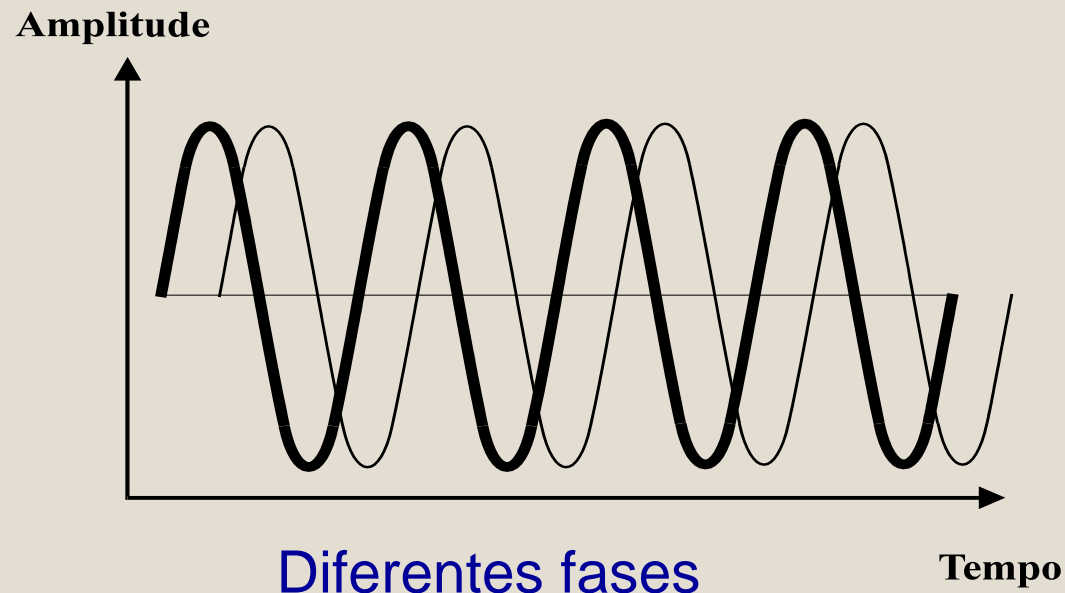
A Altura

- ☐ Sons de altura menor – mais graves
- ☐ Sons de altura maior – mais agudos
- ☐ Homens – cerca de 120 Hz
- ☐ Mulheres – cerca de 220 Hz
- ☐ Crianças – cerca de 300 Hz
- ☐ Ouvido humano – 16 Hz a 15 kHz – 20 kHz
- ☐ Telefonia – 300 Hz a 3.500 Hz.

Propriedades Físicas do Som

A fase

- ❑ Ângulo inicial da senoide.
- ❑ O ouvido é praticamente insensível à fase.
- ❑ Útil em codificação de dados e vídeo.



Propriedades Físicas do Som

O Timbre

- ❑ Permite diferenciar as notas de mesma altura e intensidade tocadas em instrumentos diferentes.
- ❑ Percepção de timbre:
 - Afetada pela maneira como o sinal pode ser decomposto em sinais periódicos elementares (domínio da frequência) .
 - Afetada pela forma como a amplitude do sinal varia com o tempo (domínio do tempo).

Representação Digital do Som

- **Representação digital do som:**
 - **amostras de som** - unidades mínimas;
 - **arquivos de áudio** - sequências de amostras de som;
 - sistemas digitais de som - **computador, telefonia digital, CD, etc.**

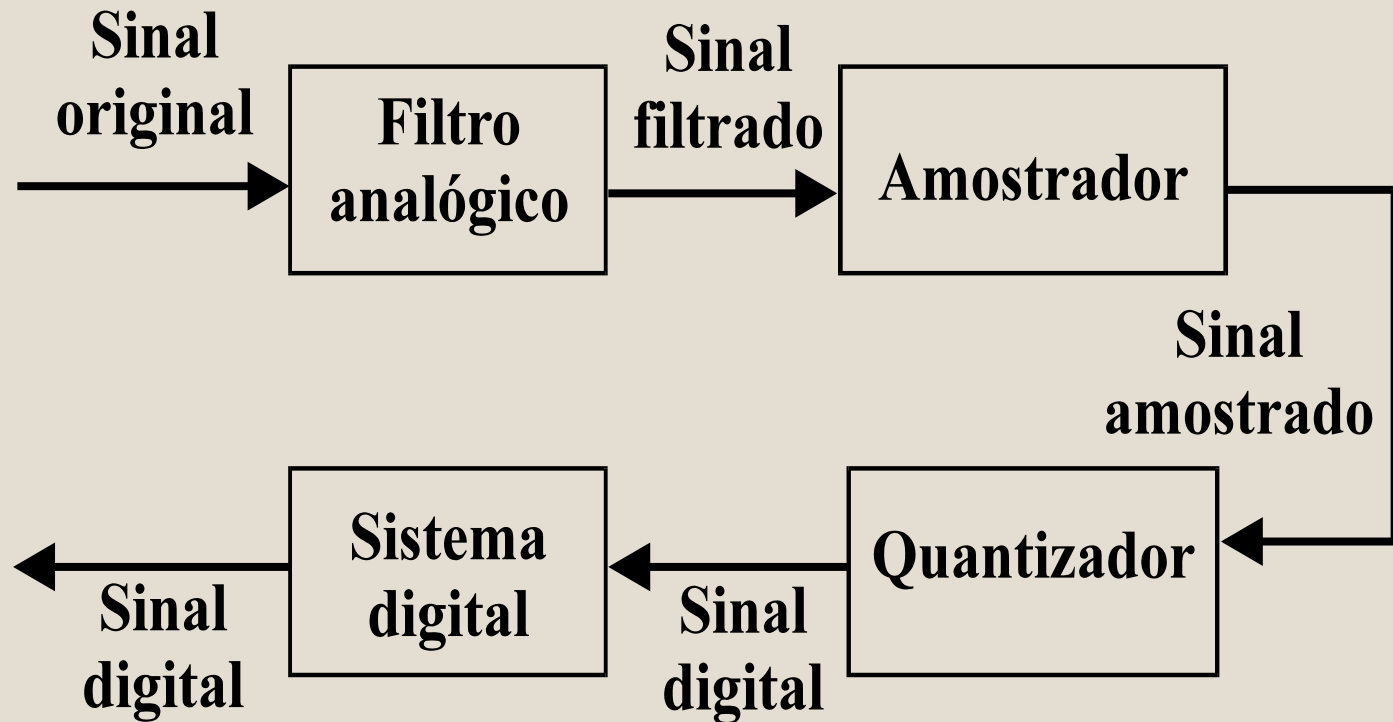
Representação Digital do Som

Digitalização do Som



Representação Digital do Som

Processo de Digitalização do som

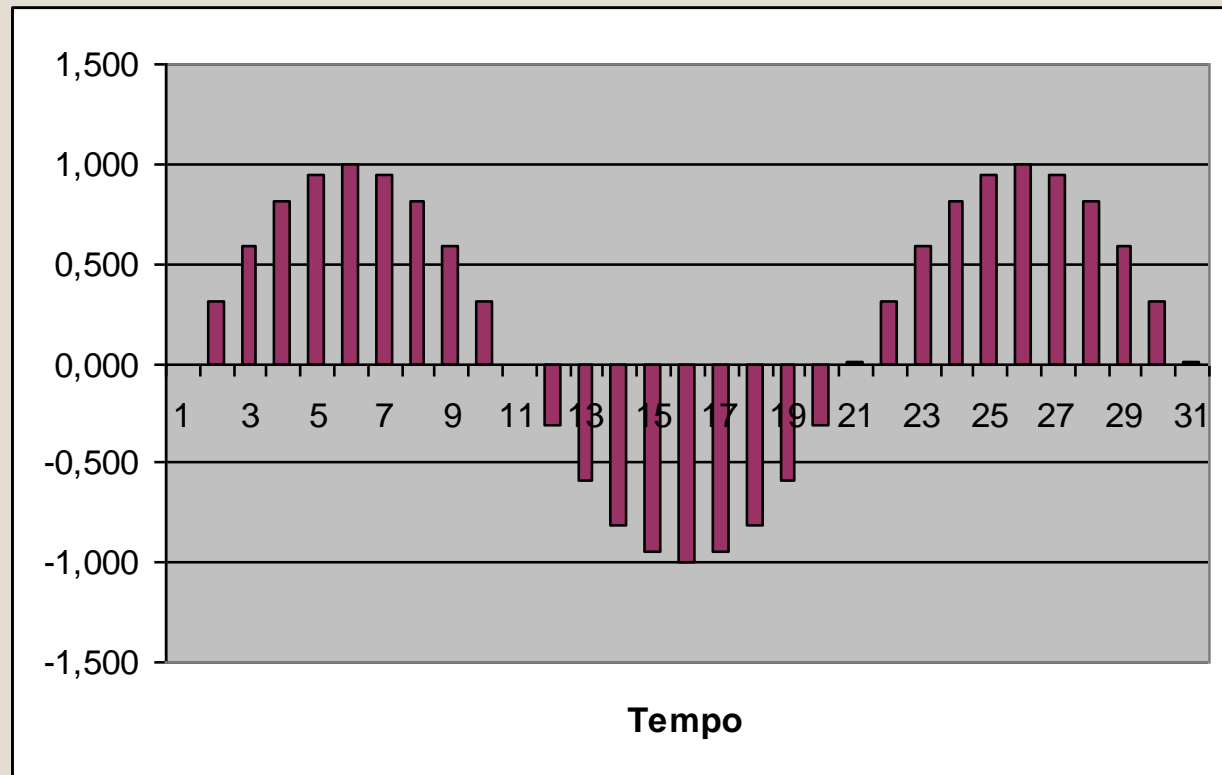


Representação Digital do Som

- ▣ **O processo de digitalização do som:**
 - **filtragem** - limitação da faixa de frequências;
 - **amostragem** - conversão do sinal analógico em sequência de pulsos;
 - **quantização** - conversão dos pulsos em números binários via conversores A/D;
 - gravação dos arquivos de áudio.

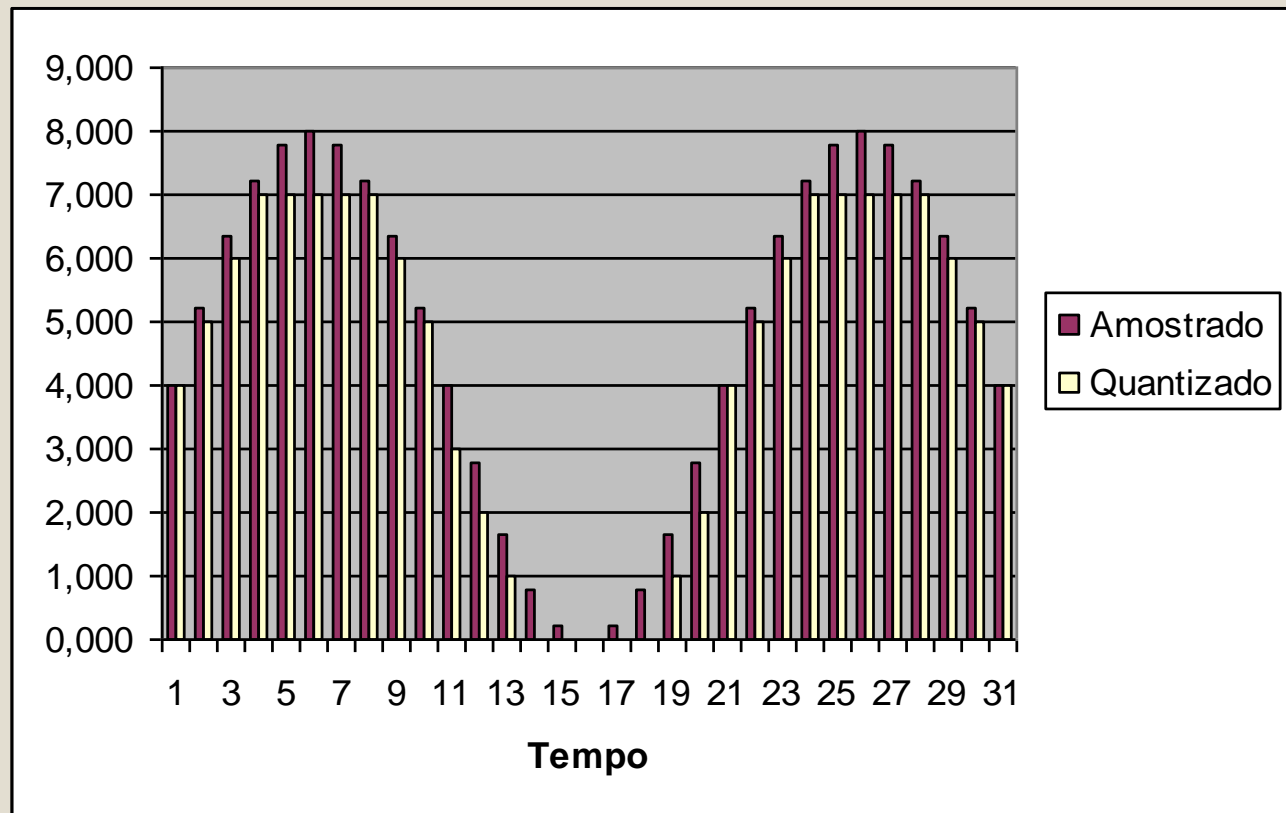
Representação Digital do Som

- **Amostragem:**



Representação Digital do Som

- **Quantização:**



Representação Digital do Som

Aspecto Importante: Teorema de Nyquist:

- ❑ Sinal periódico digitalizado reconstruído - se a taxa de amostragem tiver um valor mínimo: superior ao dobro da frequência do componente de mais alta frequência do sinal original;
- ❑ Frequência correspondente à metade da taxa de amostragem - frequência de Nyquist.

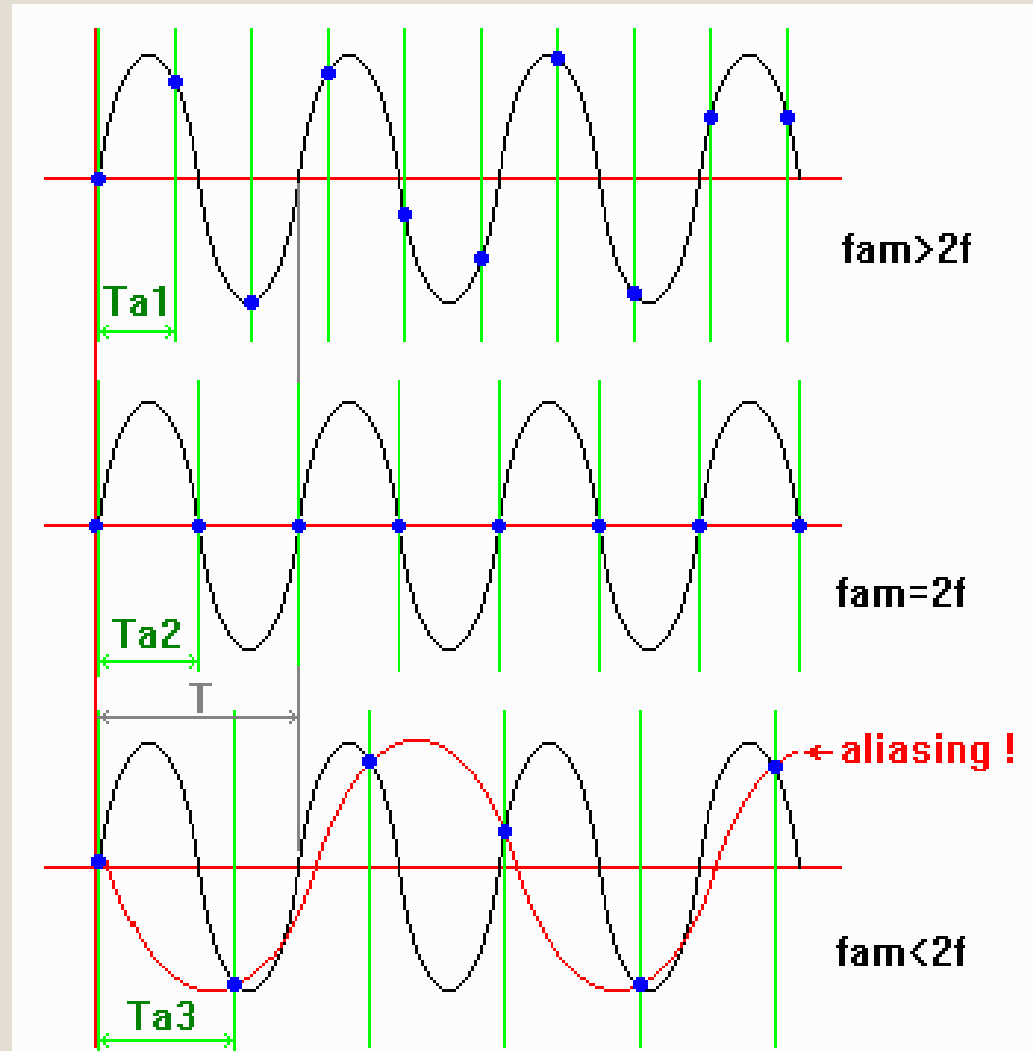
Representação Digital do Som

□ Teorema de Nyquist:

- se o sinal contém componentes superiores à frequência de Nyquist:
 - “aliasing”.
- frequências acima da frequência de Nyquist são convertidas em uma frequência mais baixa:
 - “alias”;

Representação Digital do Som

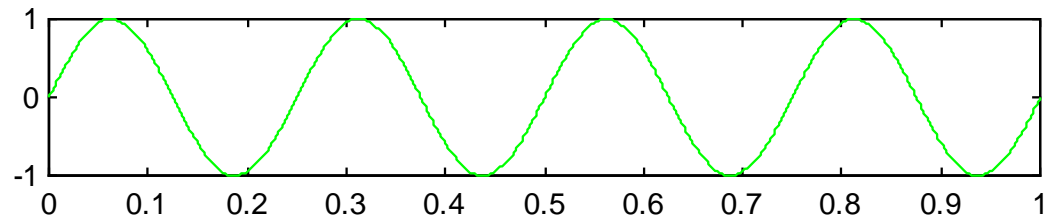
Fenômeno de *Aliasing*



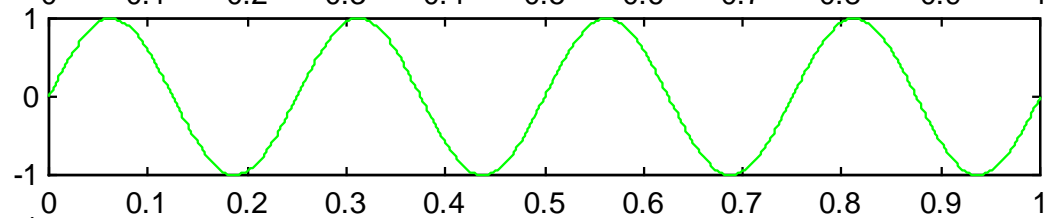
Representação Digital do Som

Exemplo de Quantização

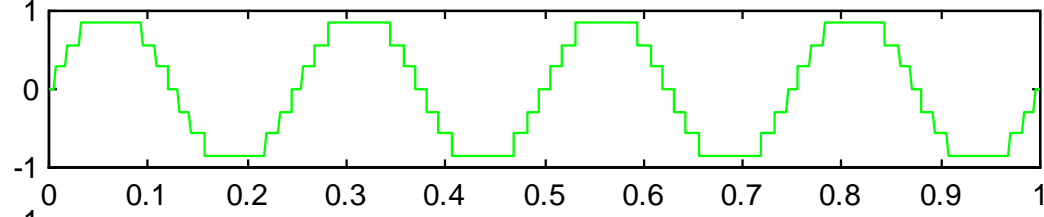
- 8 bits



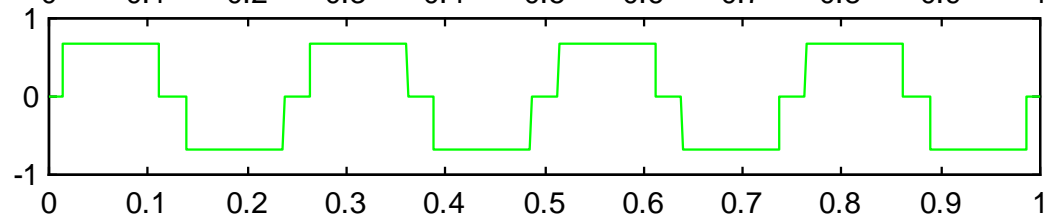
- 7 bits



- 3 bits



- 2 bits



Representação Digital do Som

❑ O processo de reconstrução do som digital:

- leitura dos arquivos de áudio;
- conversão digital-analógica via conversores D/A;
- filtragem de saída para corrigir imperfeições;
- envio do sinal analógico resultante para amplificadores.

Representação Digital do Som

☐ **Próximos passos:**

- ☐ Formas de representação do som.

Produção de Conteúdos Multimédia

Tópico:

☐ Representação do som

Representação do som

Formas de Representação do Som

- ❑ Domínio do Tempo
- ❑ Domínio da Frequência

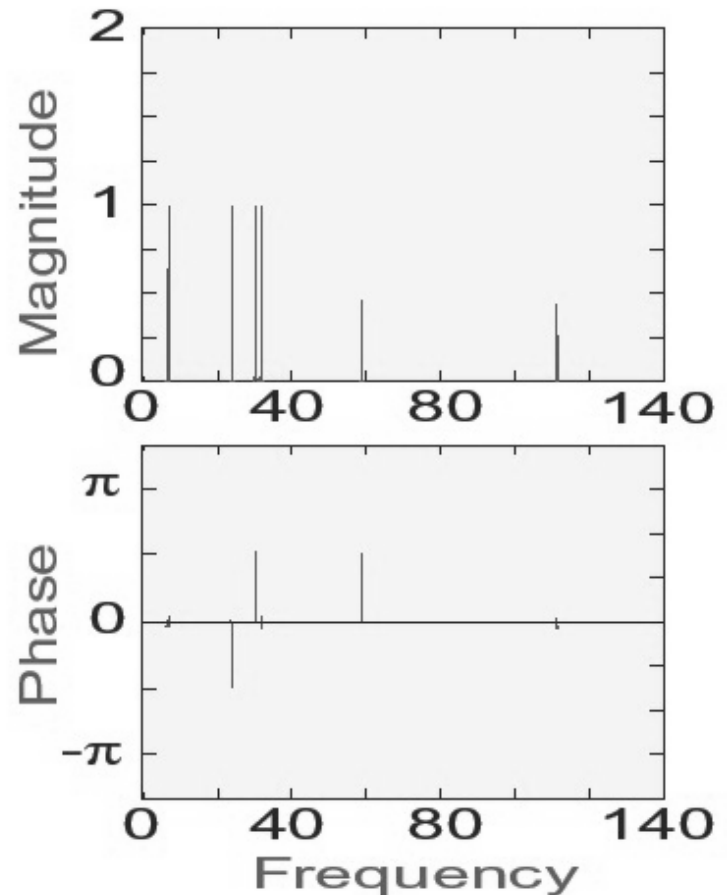
Espectro do sinal



Conhecimento importante:
Transformada de Fourier

Domínio da Frequência

- Série de Fourier:
 - Todos os sinais podem ser decompostos numa soma de senoides.



Processamento digital de som

Operações de processamento digital de som

- ❑ Processamento no domínio do tempo
 - operações feitas sobre as amostras separadas.
- ❑ Processamento no domínio da frequência
 - operações que requerem a análise de sequências de amostras de som.

Processamento digital de som

Processamento no domínio do tempo:

- ☐ armazenar e recuperar arquivos de som;
- ☐ cortar, copiar e colar segmentos de arquivos de som;
- ☐ realçar, atenuar e mixar segmentos de arquivos de som.

Processamento digital de som

Aplicações do processamento no domínio da frequência:

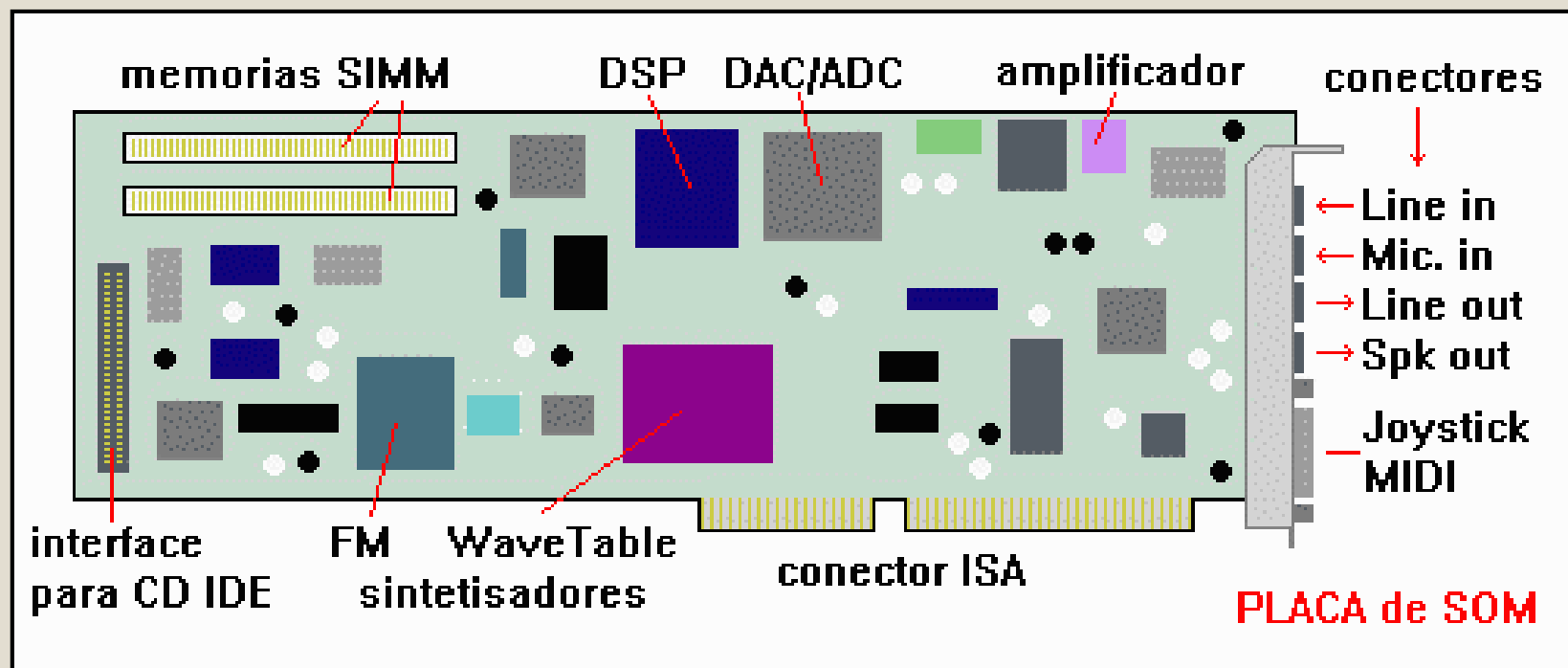
- ☐ filtragem digital e recuperação de gravações;
- ☐ ajustes de duração e altura de amostras de som;
- ☐ várias técnicas de síntese musical;
- ☐ identificação e reconhecimento de voz.

Conhecimento importante:

Transformada Discreta de Fourier (DFT)

Manipulação de Sinais de Áudio

Descrição simplificada de uma placa de som



Formatos de Áudio

- **Tipos básicos de formatos de arquivo:**
 - Os parâmetros de dados de áudio e codificação são feitos explicitamente nalguma forma de cabeçalho;
 - Os parâmetros de dados de áudio e codificação são fixos.

Formatos de Áudio

Não comprimidos

- Amostragem \Rightarrow quantização \Rightarrow codificação **PCM** (**P**ulse **C**ode **M**odulation).
- **PCM** - Padrão básico para conversão de sinais analógicos para armazenamento ou transmissão em dispositivos digitais.
- Esta codificação é feita sem uso de algoritmos de compressão.
- A maior parte dos formatos de arquivos não comprimidos é própria de sistemas operativos específicos.

Formatos de Áudio

Exemplos:

- **Waveform Audio**

- Formato de áudio digital do Windows.
- Desenvolvido pela IBM para o Windows 95.
- Os arquivos neste formato utilizam a extensão **wav**.

- **RIFF Waveform Format**

- Formato de som Wave da Microsoft Windows.
- Usado para o sistema de som Windows.
- Arquivos Waveform RIFF têm extensão WAV.

Formatos de Áudio

- **Audio Interchange File Format (AIFF)**
 - Formato de áudio utilizado pela Apple.
 - A extensão destes arquivos pode ser **aiff** ou **aif**.
- **Formato de voz Creative**
 - Formato de som da Sound Blaster.
 - Tem a extensão VOC.
- **Formato de Amostra de 8 bits crus (RAW)**
 - o formato do som não contém codificação ou compressão.

Formatos de Áudio

- **O Audio**
 - Formato de áudio digital utilizado pela Sun e pelo sistema operativo Unix.
 - A extensão destes arquivos é **au**.
- **O Sound**
 - formato semelhante ao formato **au**.
 - utilizado inicialmente pela Apple.
 - A extensão destes arquivos é **snd**.

Manipulação de Sinais de Áudio

•Arquivos RIFF (*Wave*): Formato

- Representação digital de sinais contínuos;
- Dados armazenados na forma de pequenos fragmentos (“*chunks*”);

Tamanho	Descrição
4 bytes	“RIFF”
4 bytes	Tamanho do chunk (32 bits)
4 bytes	“WAVE”
4 bytes	“fmt”
4 bytes	Tamanho da descrição do arquivo
2 bytes	Flag para mono (0x01) ou estéreo (0x02)
4 bytes	Taxa de amostragem
4 bytes	Bytes/sample
2 bytes	Alinhamento do bloco
2 bytes	Bits/sample
4 bytes	“data”
4 bytes	Tamanho do segmento de dados
(n bytes)	Dados

Formatos de Áudio

- ○ **Musical Instrument Digital Interface**
 - Um padrão que permite conectar sintetizadores, teclados e outros instrumentos eletrônicos ao computador.
 - Os arquivos **midi** não são exatamente um formato de arquivo de áudio, mas, por armazenarem notas musicais, encontram-se dentro desta categoria e têm a extensão **mid** ou **midi**.
- ○ **Compact Disc Digital Audio**
 - Formato usado para codificar música em discos comerciais.
 - Este formato não é usualmente armazenado diretamente nos computadores.
 - A extensão destes arquivos é **cda**.

Compressão de Áudio

- Diferente de imagens ou vídeo, existe pouca relação entre amostras vizinhas ou quadros consecutivos para o áudio.
- Os níveis de compressão práticos são limitados para muito menos de 10:1 (compressão de vídeo de 25:1 pode ser produzida).

Compressão de Áudio

- Os algoritmos de compressão funcionam de forma similar à compressão de imagens.
- Arquivos comprimidos ocupam menos espaço que os arquivos iniciais e resultam da eliminação de informação redundante e outras informações de áudio com pouca influência na qualidade do mesmo.

Compressão de Áudio

Formas de compressão de um arquivo de áudio:

- Com perdas de informação;
- Sem perdas de informação.
- **Formatos de compressão com perdas**
 - Os mais populares provêm da família dos **Motion Picture Experts Group (MPEG)**.
 - MPEG - refere-se a uma família de *padrões* para áudio e vídeo que inclui o MPEG-1, MPEG-2, MPEG-1 Layer 3 (MP3) e o MPEG-4.

Compressão de Áudio

Formato	Descrição
MPEG-1	Padrão para vídeo e CD-ROM
MPEG-2	Padrão para DVD e TV digital
MPEG-1 – Layer 3 (MP3)	Os arquivos apresentam tamanhos pequenos e com um som de qualidade. A sua característica principal é a sua universalidade.
MPEG – Layer 3 (MP3)	Formato muito utilizado nas transmissões de música pela Internet. O seu processo de compactação funciona através da eliminação de frequências sonoras não audíveis pelo ouvido humano. Transforma arquivos com 40MB de tamanho em 4MB, mantendo uma qualidade razoável.
MPEG 4 Audio AAC	O MPEG-4 é o padrão que permite introduzir áudio e vídeo na Internet, em dispositivos móveis, em jogos e em aparelhos sem fios, ...

Compressão de Áudio

Outros formatos de compressão com perdas:

- **QuickTime Audio** é essencialmente a tecnologia MPEG-4, suportando áudio, vídeo e o formato MP3. A extensão dos arquivos é **qt** ou **mov**.
- **Windows Media Audio** é um formato de áudio digital da Microsoft, desenvolvido como um formato alternativo ao MP3. A extensão de arquivos é **wma**.

Compressão de Áudio

Formatos de compressão sem perdas

- **Windows Media Audio Lossless**
 - formato da Microsoft, disponível nas versões 9 e 10 do Windows Media Player.
 - Usa a mesma extensão do formato **wma**.
- ○ **Apple Lossless Audio Codec**
 - Formato disponível para ser usado com o iTunes e o iPod da Apple.
 - A extensão dos arquivos é **m4a**.

Editores de Áudio

- **Cool Edit Pro**

- Desenvolvido pela Syntreilium Software Corporation para plataforma Windows.
- Possui uma elevada variedade de efeitos DSP, e suporte para um grande número de formatos de arquivos.


- **Wave Surgeon**

- Tem como objetivos automatizar o processo de edição de amostras de áudio.


- **Sound Forge (32-bit)**

- Indicado para a criação e edição de som digital sob Windows.
- Editor de áudio de uso fácil, apresenta diversos recursos úteis ao desenvolvimento de projetos em multimídia.

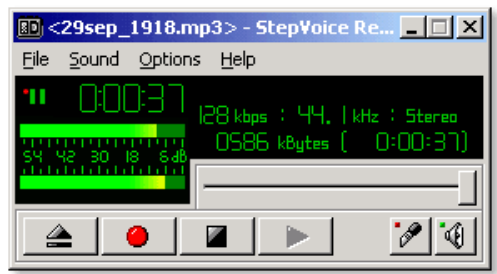
Exemplos de Software

Software	Captura	Reprodução	Edição	Conversão	Gravação em suporte óptico	Descrição	Alguns formatos suportados	Localização
<p>Gravador de Áudio</p> 	X	X	X		X	Permite gravar, reproduzir e gerar efeitos em arquivos de áudio.	WAV	Windows

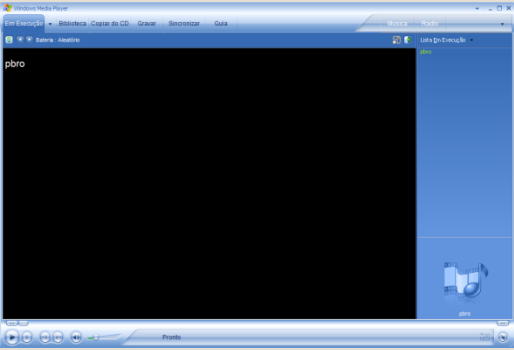
Exemplos de Software

Software	Captura	Reprodução	Edição	Conversão	Gravação em suporte óptico	Descrição	Alguns formatos suportados	Localização
3D MP3 Sound Recorder 	X					<p>Permite gravar, reproduzir e gerar efeitos em arquivos de áudio.</p>	MP3, WAV	www.download.com/3D-MP3-Sound-Recorder-G2/3000-2140_4-10594670.html

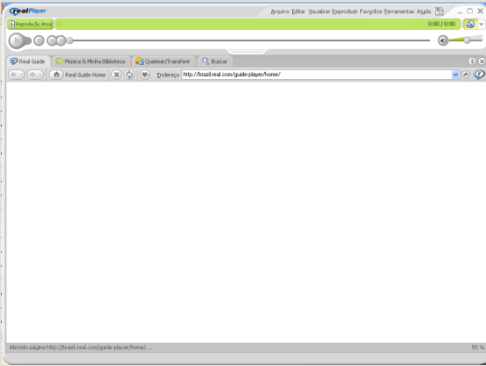
Exemplos de Software

Software	Captura	Reprodução	Edição	Conversão	Gravação em suporte óptico	Descrição	Alguns formatos suportados	Localização
StepVoice Recorder 	X	X				Permite a gravação de áudio a partir de editores de música.	MP3	http://www.programurl.com/stepvoice-recorder.htm

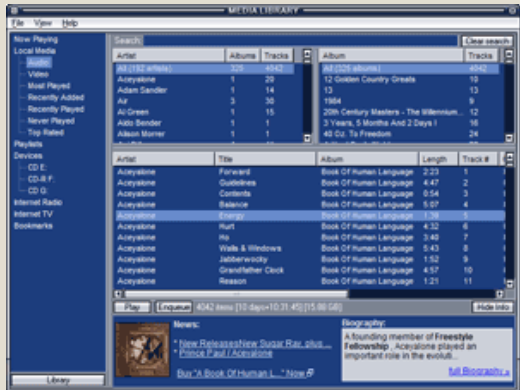
Exemplos de Software

Software	Captura	Reprodução	Edição	Conversão	Gravação em suporte óptico	Descrição	Alguns formatos suportados	Localização
Windows Media Player 		X		X	X	Permite reproduzir filmes, músicas, sintonizar rádios através da internet, criar CD de música, ...	ASF, Real Audio, Real Video, QuickTime, AVI, WAV, MP3 e Netshow	Windows

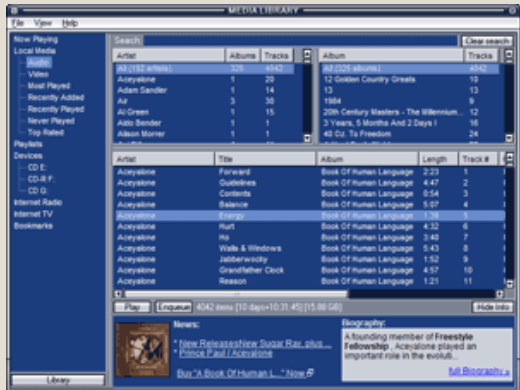
Exemplos de Software

Software	Captura	Reprodução	Edição	Conversão	Gravação em suporte óptico	Descrição	Alguns formatos suportados	Localização
RealPlayer 		X		X	X	Permite reproduzir músicas, sintonizar rádios através da internet, ...	MP3, WAV, cda, wma,	http://www.real.com/international/player/


Exemplos de Software

Software	Captura	Reprodução	Edição	Conversão	Gravação em suporte óptico	Descrição	Alguns formatos suportados	Localização
Winamp 		X			X	Software que reproduz arquivos em vários formatos.	MP3, MP2, MOD, S3M, MTM, ULT, XM, IT, 669, CDs de audio e WAV,	http://www.winamp.com/


Exemplos de Software

Software	Captura	Reprodução	Edição	Conversão	Gravação em suporte óptico	Descrição	Alguns formatos suportados	Localização
JetAudio 	X	X	X	X	X	Media Player completo com capacidade de gravação e reprodução do conteúdo de CDs	MP3, WAV, Ogg Vorbis, Windows Media e Monkeys Audio	http://www.jetaudio.com/download/

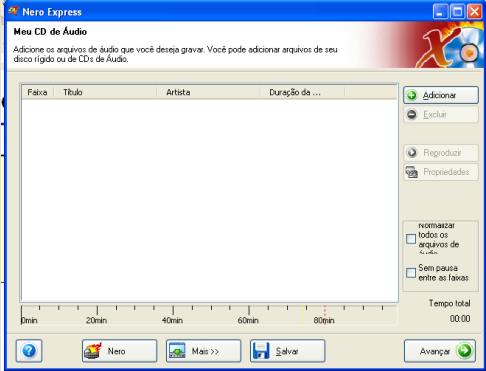
Exemplos de Software

Software	Captura	Reprodução	Edição	Conversão	Gravação em suporte óptico	Descrição	Alguns formatos suportados	Localização
MySoundStudio 	X	X	X	X		Permite transformar o PC em um estúdio de composição musical.	WAV, MP3, ..	http://www.softbull.com/mysoundstudio.html

Exemplos de Software

Software	Captura	Reprodução	Edição	Conversão	Gravação em suporte óptico	Descrição	Alguns formatos suportados	Localização
CDBurnerXP Pro 		X		X	X	Permite a gravação de CD de áudio, reprodução e gravação de arquivos de áudio	WAV, MP3, ..	http://www.cdburnerxp.se/

Exemplos de Software

Software	Captura	Reprodução	Edição	Conversão	Gravação em suporte óptico	Descrição	Alguns formatos suportados	Localização
Nero 					X	Permite a gravação de CD e DVD.	WAV, MP3, ..	http://www.cdburnerxp.se/

Produção de Conteúdos Multimédia

Tópico:

- ❑ Aspectos relevantes da compressão de áudio

Compressão de Áudio

- Qual a largura de banda necessária para transmitir áudio codificado a uma frequência de amostragem de 44.1 kHz, 16 bits por amostra, estéreo (qualidade de CD)?

Compressão de Áudio

$$44100 \times 16 \times 2 = 1.411.200 \text{ bits por segundo.}$$

- Isto significa que para transmitir tal arquivo por uma rede, é necessária uma largura de banda de **1,41 Mbits/s**.

Compressão de Áudio

- Uma música de três minutos (180 segundos) de áudio nestas condições (frequência de amostragem de 44.1 kHz, 16 bits por amostra, estéreo) utiliza quanto (MB) de armazenamento em um computador?

Compressão de Áudio

$$180 \times 44100 \times 16 \times 2 = 254.016.000 \text{ bits}$$

- ou **mais de 30 MB** de armazenamento no computador.
- Estes dois exemplos dão uma idéia da importância da compressão de som.

Compressão de Áudio

- O sistema MP3 aproveita, além das técnicas habituais de compressão, o conhecimento das imperfeições ou limitações na audição, para eliminar certas informações sem afetar o que ouvimos, conseguindo níveis de compressão de até 12 vezes.

Compressão de Áudio

Características da Audição Humana

- A audição humana não é perfeita. Além das limitações físicas do ouvido, depois o som tem que viajar através dos nervos até o córtex auditivo do cérebro onde é transformado em diferentes percepções das quais tomamos consciência.

Compressão de Áudio

Características da Audição Humana

- **Sonoridade (*Loudness*):**
 - Dois sons com a mesma amplitude podem ser percebidos com intensidade distinta dependendo das frequências que têm.
 - A percepção da intensidade de um som não é constante com a frequência.
 - O ouvido humano tem maior sensibilidade ao som entre os 1000 e os 5000 Hz.

Compressão de Áudio

Características da Audição Humana

- **Alcance de Frequências**

- O ser humano pode perceber sons na faixa de frequências de 20 Hz a 20 kHz devido às limitações físicas do ouvido.
 - O alcance de frequências muda com a idade, perdemos a habilidade de ouvir as frequências mais altas ao envelhecer.

- **Alcance Dinâmico**

- A menor variação de pressão do ar que um humano pode detetar (20 micro Pascal) medido nas frequências na qual somos mais sensíveis, é usada como referência (0 dB) para medir a intensidade de outros sons.

Relembrando: Uma conversa normal: entre 50-60 dB e som do trânsito de carros: é aproximadamente de 80 dB. O máximo som que o ouvido pode tolerar é 130 dB, o que dá um alcance dinâmico de 0 a 130 dB.

Compressão de Áudio

Mascaramento Auditivo

- Definição: corresponde à "audibilidade diminuída de um som devido à presença de outro".
- O mascaramento auditivo consiste de mascaramento em frequência e mascaramento temporal.

Compressão de Áudio

Mascaramento Auditivo

- **Mascaramento em Frequência:**
 - Também chamado mascaramento simultâneo.
 - **Exemplo:** Dado um som forte com uma frequência de 1000 Hz, e também um som na frequência de 1100 Hz que está a 18 dB por baixo do anterior, o som de 1100 Hz não pode ser ouvido porque está sendo mascarado pelo som mais forte de 1000 Hz.
 - Isto ocorre porque o som de 1000 Hz é mais forte e está perto em frequência. Quanto mais perto em frequência estão, mais fortes são os sons que podem ser mascarados pelo som mais forte.

Compressão de Áudio

Mascaramento Auditivo

- **Mascaramento Temporal:**

- ocorre antes e depois de um som forte.
- Se um som é mascarado depois de um som mais forte é chamado pós-mascaramento, e se é mascarado antes em tempo é chamado pré-mascaramento.
- O pré-mascaramento existe só por um curto momento (20 ms).
- O pós-mascaramento tem efeito até por 200 ms.

Compressão de Áudio

Mascaramento Auditivo

**Explorando os mascaramentos
(em frequência e temporal)**

**é possível reduzir substancialmente a informação de áudio,
sem uma mudança audível.**

Compressão de Áudio

Redundância Estereofónica

- O fato do ouvido humano não poder detetar a direção das baixas frequências é chamado Redundância Estereofónica.
- **Estas imperfeições, ou limitações na audição, possibilitam “deitar fora” certa informação de áudio, sem afetar o que ouvimos.**

Produção de Conteúdos Multimédia

Tópico:

❑ Filtragem de Sinais de Áudio

Fontes: MANDAL, M., Digital Audio Processing, *Multimedia Signals and Systems*, Kluwer A. Publishers e TEIXEIRA, A. J. da S. *Conceitos de Sinais e Sistemas*, Mestrado em Ciências DA Fala e Audição, Universidade de Aveiro.

Comparação dos sons

- Som original



- Saída do Filtro Passa-Baixo



- Saída do Filtro Passa-Faixa



- Saída de Filtro Passa-Alto



Equalização de Áudio

Controle do TOM

- ❑ O método do controle de tom disponibiliza uma maneira simples e rápida de ajustar o som ao gosto dos ouvintes.
- ❑ Os aparelhos de áudio têm normalmente dois botões de controle designados como baixo e agudos.
- ❑ Cada um desses botões controla um tipo especial de filtro designado como *shelving filter*.
- ❑ O botão de **baixo** controla um filtro de *shelving* passa-baixo enquanto o outro botão (**treble**) controla um filtro de *shelving* passa-alto.

Equalizadores Gráficos

- ❑ Os equalizadores gráficos são mais sofisticados que os de controle de tom.
- ❑ O sinal de entrada é passado tipicamente através de um banco de 5-7 filtros passa-faixa.
- ❑ A saída dos filtros é ponderada pelos fatores de ganho correspondentes e adicionados para reconstruir o sinal.
- ❑ Os filtros são caracterizados pelas frequências de corte normalizadas. Por este fato, os mesmos filtros funcionam com frequências de amostragem diferentes.

Melhoramento de Áudio

Por que o melhoramento?

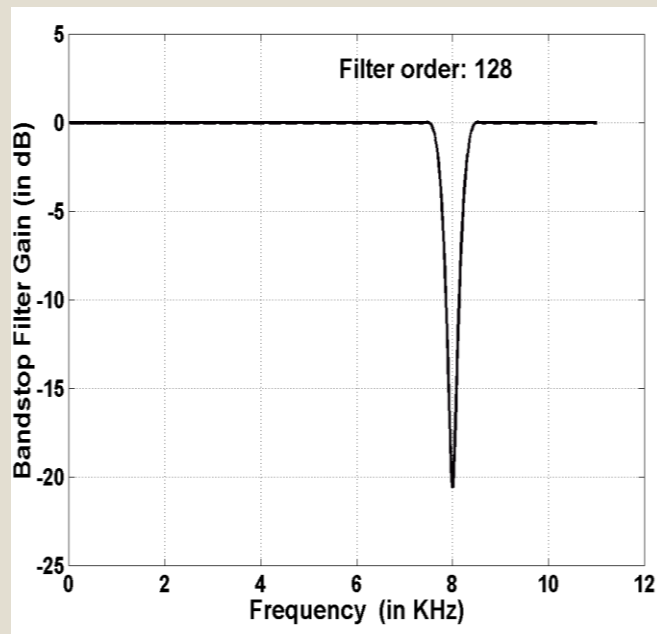
- A qualidade do sinal pode ser degradada devido a várias razões:
 - Produção de voz de baixa qualidade;
 - Presença de interferência de fundo;
 - O ruído de quantização introduzido durante a compressão.

Técnicas para Melhoramento

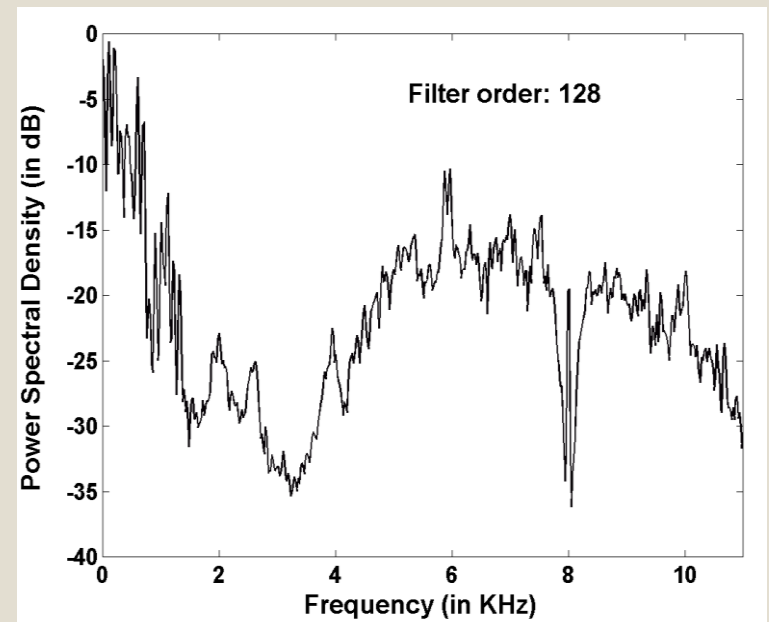
- **Subtração Espectral:** esta técnica suprime o ruído subtraindo um ruído estimado durante os períodos de silêncio.
- **Filtro de Wiener:** minimiza o erro médio quadrático no processo de filtragem inversa e “suavização” do ruído. Requer o conhecimento prévio das estatísticas de ruído e da voz.
- **Cancelamento adaptativo de ruído:** este método utiliza um filtro adaptativo que atua num sinal de referência para produzir uma estimativa do ruído. O ruído é então subtraído do sinal de entrada. Os pesos do filtro são ajustados para minimizar o quadrado da energia média da saída global.

Filtragem do sinal de áudio

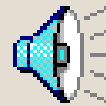
Ganho de Resposta do Filtro



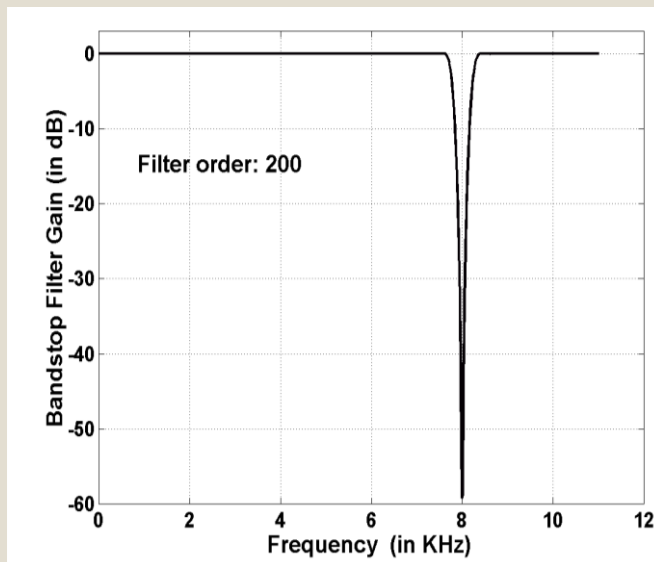
Espectro do sinal filtrado



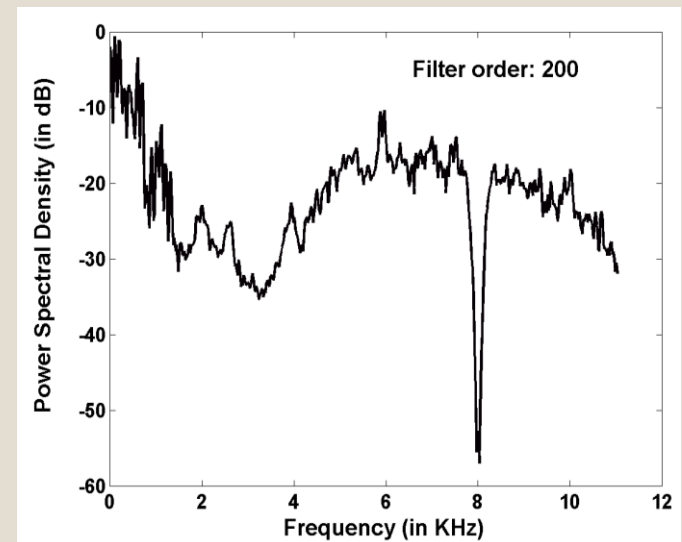
Filtragem do sinal de áudio



Ganho de Resposta do Filtro



Espectro do sinal de saída



Método de Subtração Espectral (SSM)

- Se a componente de ruído tem um banda espectral grande, uma simples filtragem de supressão de banda pode não ser apropriada.
- O Método de subtração espectral (SSM) é uma abordagem simples e eficaz para suprimir ruído de fundo estacionário.
- Este método é baseado no conceito de que o espectro do sinal é expresso como a soma do espectro de voz e espectro do ruído.
- O processamento é feito inteiramente no domínio da frequência.

Método de Subtração Espectral (SSM)

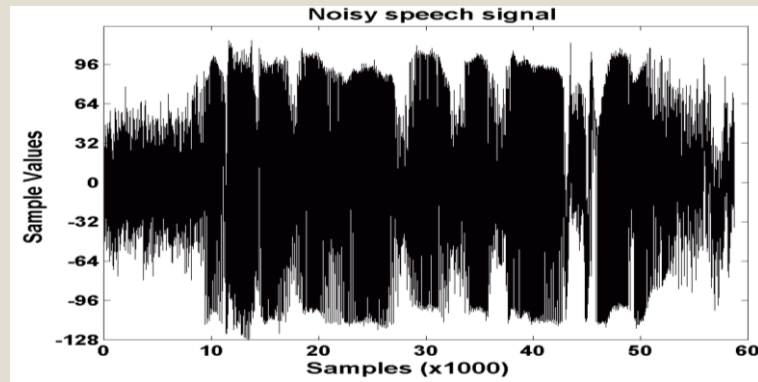
- Se o espectro de ruído (amplitude e fase) é conhecido com precisão, então o sinal livre de ruído pode ser obtido simplesmente subtraindo-o do sinal com ruído.
- Contudo, na prática, apenas se dispõe duma estimativa da amplitude do espectro de ruído.

Método de Subtração Espectral (SSM)

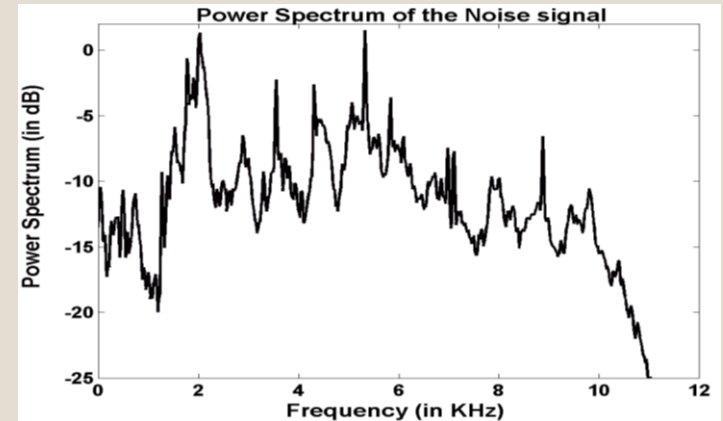
- O espectro de ruído é estimado quando o orador está em silêncio.
 - Assuma que o espectro de ruído não muda rapidamente.
- O espectro de ruído é então subtraído do espectro de amplitude do sinal de entrada com ruído.
- Usando este novo espectro de amplitude, e espectro de fase do sinal com ruído original, o sinal de áudio no domínio de tempo é calculado usando a transformada inversa de Fourier.

Exemplo: Uso do SSM

Sinal de áudio “*noisy_audio2*”

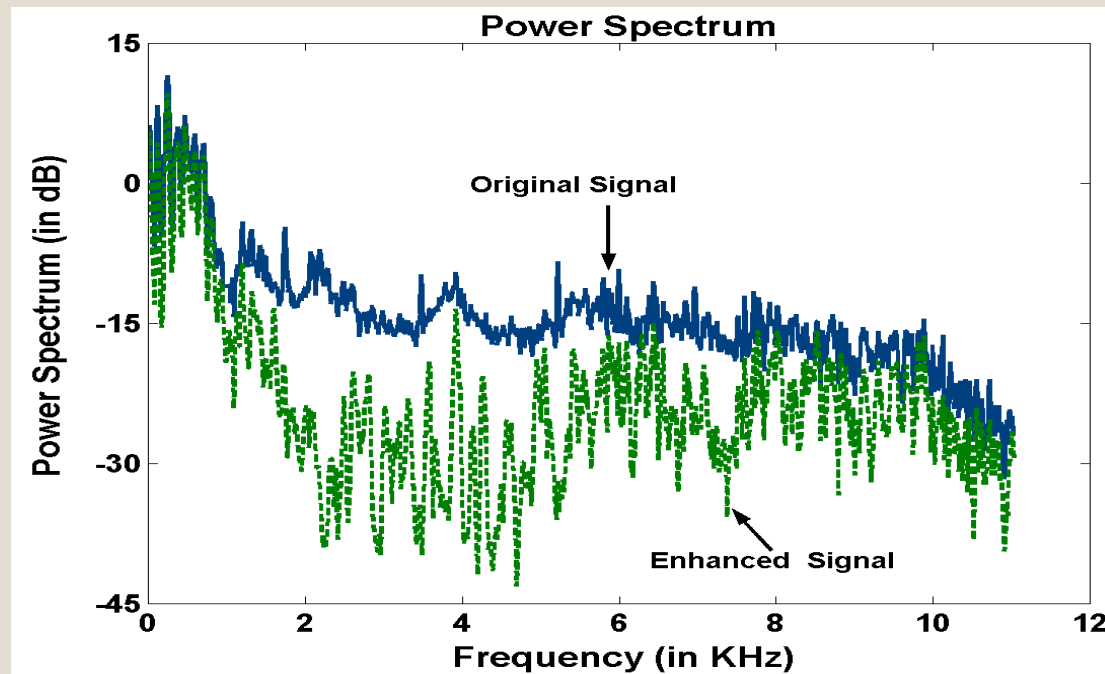
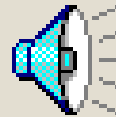


Espectro do sinal



- Duração no tempo = 2.7 segundos
- Frequência de amostragem = 22.050 Hz.
- Há "buracos" na forma de onda da fala, que indica períodos de silêncio em que o ruído pode ser ouvido.
- O ruído é representada por uma gama "larga" de componentes de frequência.

Exemplo: O Sinal melhorado com o SSM



O sinal melhorado tem reduzido de forma significativa os componentes de alta frequência na gama 2-5 kHz.

Produção de Conteúdos Multimédia

Tópico:

☐ Som sintetizado (MIDI)

Som Sintetizado

- O som ou música digitalizada (arquivos de som ou música que o computador pode tocar) pode ser de dois tipos:
 - **Som sintetizado** (MIDI: *Musical Instrument Digital Interface*) - produzido através de um sintetizador chamado MIDI.
 - **Áudio digital** - representação digital de um sinal analógico.

Som Sintetizado

- **Som sintetizado**

- Estes sons são gravados como comandos e por isso requerem muito menos espaço de armazenamento que os outros sons.
- Este tipo de representação preserva a descrição semântica do som.

- **Áudio digital**

- Quando um som é digitalizado, amostras da onda são captadas a intervalos fixos de tempo.
- Quanto mais amostras forem colhidas e quanto mais informação for gravada por cada amostra, maior a qualidade do som que se conseguirá reproduzir.
- Este tipo de representação não preserva a descrição semântica do som.

Som Sintetizado

MIDI:

- Protocolo de comunicação para que instrumentos eletrónicos possam comunicar entre si, como por exemplo, sintetizadores.
- Também é usado na comunicação musical entre computadores, desde que estes possuam os componentes de hardware necessários.
- Desenvolvido no início dos anos 80, serve para a representação simbólica da música.
- Define e indica ao sintetizador, como codificar todos os elementos da música tais como, sequências de notas, condições de *timing*, qual o instrumento utilizado, etc.

Som Sintetizado

Arquivos MIDI:

- **São muito menores que os arquivos WAV.**
 - Armazenam apenas as notas da canção.
 - Contêm apenas as instruções para controlar como e quando os meios, (normalmente sintetizadores eletrônicos), produzem os sons.
- Conseguem produzir música a partir de placas de som (são sons sintetizados) \Rightarrow não podem ser usados para gravar sons reais (Ex.: alguém falando/cantando).
- São modificáveis (permite modificar facilmente os tempos ou instrumentos utilizados na música).

Som Sintetizado

Arquivos MIDI:

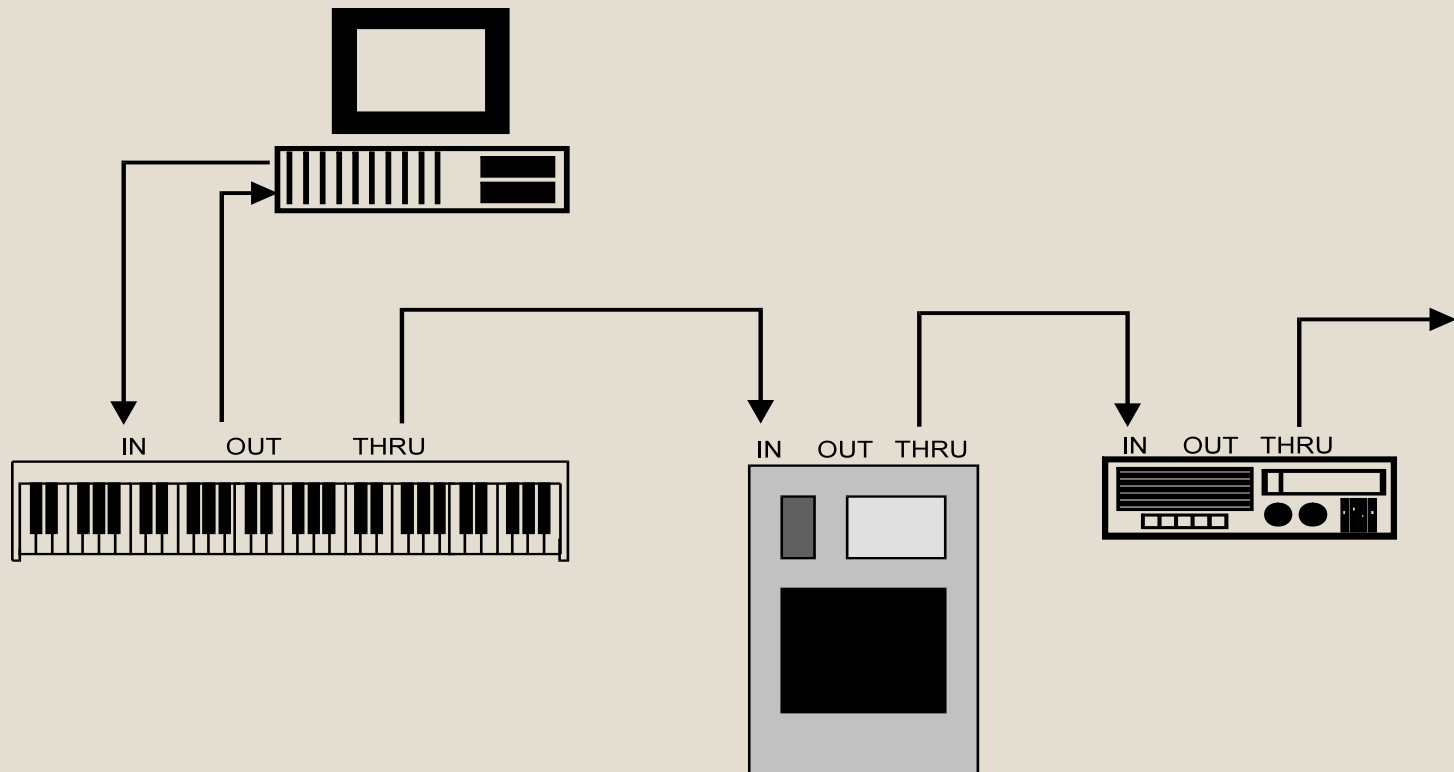
- **Exemplo:** 10 minutos de música nos dois formatos gera valores muito diferentes, nomeadamente:
 - Em MIDI - aproximadamente 200 Kb;
 - Em Áudio digital de boa qualidade - aproximadamente 106 Mb (se for WAV) ou 10 Mb (se for MP3).

Sistemas MIDI

- **O protocolo MIDI:**
 - representação digital de eventos musicais;
 - padrão de rede local para instrumentos eletrônicos digitais;
 - padrão de arquivo de eventos musicais.

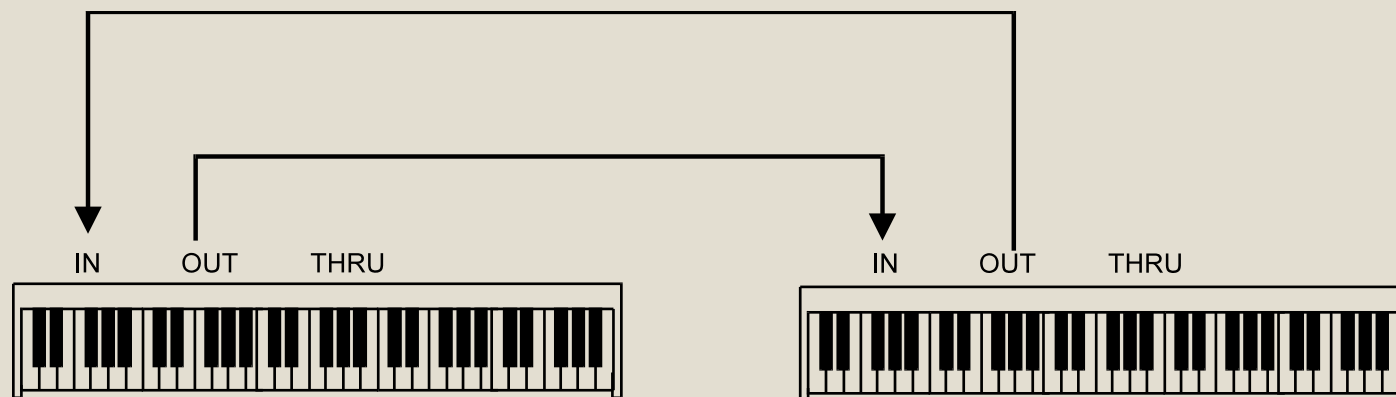
Sistemas MIDI

- **Um sistema MIDI**



Sistemas MIDI

- **Conexão entre dois teclados MIDI:**



Sistemas MIDI

- **Instrumentos MIDI:**

- possuem microcontroladores que interpretam os códigos MIDI e executam algoritmos de síntese;
- podem ser conectados em série, formando uma rede;
- o funcionamento depende dos modos suportados.

Sistemas MIDI

- **Instrumentos MIDI - modos:**

- modo **OMNI ON** (responde a todos os canais) × **OMNI OFF** (responde só a um canal);
- modo **MONO** (uma nota de cada vez) × **POLY** (várias notas simultâneas, segundo o grau de polifonia);
- **multitimbralismo**: polifonia com vários timbres.

Sistemas MIDI

- **Instrumentos MIDI - exemplos:**

- teclados sintetizadores;
- módulos sintetizadores;
- computadores com portos MIDI (com ou sem sintetizadores internos);
- módulos sequenciadores;
- instrumentos acústicos com transdutores.

Sistemas MIDI

- **Instrumentos MIDI - exemplos:**
 - baterias eletrônicas;
 - módulos de efeitos (processadores de sinais);
 - controladores (de volume, de afinação etc.);
 - equipamentos de áudio com controle MIDI;
 - equipamentos teatrais com controle MIDI.

Sistemas MIDI

- **Mensagens MIDI:**

- **mensagens de nota:** ligar e desligar;
- **mensagens de programa:** mudanças de timbre;
- **mensagens de controle:** sincronismo, imitação de controles de painel;
- **mensagens exclusivas:** dependentes de fabricante.

Sistemas MIDI

- **Principais campos das mensagens MIDI:**
 - código de operação;
 - canal;
 - código da nota (número na escala musical);
 - intensidade sonora (“velocidade”, na terminologia MIDI).

Sistemas MIDI

- **Arquivos MIDI:**

- organizados em trilhas que representam vozes;
- trilhas são sequências de eventos;
- eventos são mensagens MIDI com tempos associados ou metaeventos.

Sistemas MIDI

- **Sequenciadores (editores MIDI):**
 - suportam arquivos MIDI e formatos proprietários;
 - vistas possíveis:
 - trilhas;
 - rolos de pianola;
 - eventos;
 - pautas.

Sistemas MIDI

- **Aplicações dos sequenciadores:**
 - operações globais sobre trilhas:
 - mudanças de volume, programa e canal;
 - edições internas às trilhas, até o nível de notas;
 - manipulação do andamento;
 - gravação de "performances" em instrumentos MIDI;

Sistemas MIDI

- **Aplicações dos sequenciadores:**

- operações de dobraagem ou *playback*;
- operações de transformação musical:
 - mudanças de escala;
 - partição de vozes;
 - alterações de dinâmica.
- operações de quantização;
- operações de "randomização".

Sistemas MIDI

- **Mapas MIDI:**

- mapas de programa: relacionam os números de programa dos arquivos MID com os programas de cada sintetizador;
- mapas de teclas: relacionam números de teclas com as notas efetivas do sintetizador;
- padrão genérico: general MIDI.

Sistemas MIDI

- **Vantagens dos arquivos MIDI:**
 - tamanho muito menor que os WAV;
 - captam com precisão a expressão musical;
 - permitem alterações dos timbres;
 - baixo consumo computacional: apropriados para aplicações de tempo real.

Sistemas MIDI

- **Problemas dos arquivos MIDI:**
 - reproduzem apenas música (inadequados para voz e efeitos);
 - a qualidade do som depende do sintetizador empregado;
 - têm dificuldades com música não-convencional.

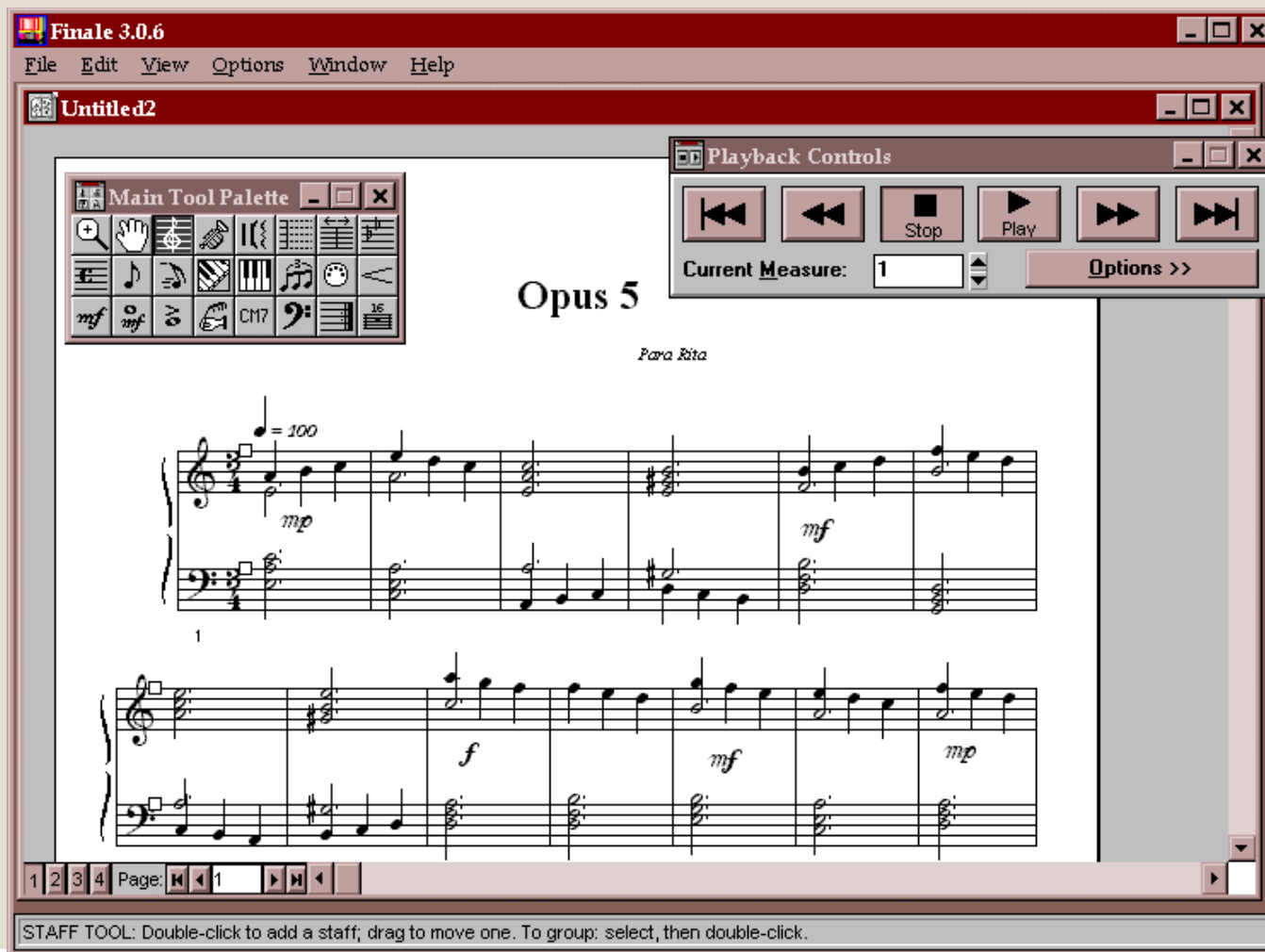
Sistemas MIDI

- **Fontes de arquivos MIDI:**

- gravação via sequenciadores;
- bibliotecas comerciais ou de domínio público;
- transformações de outros arquivos;
- edição de partituras;
- ferramentas de composição.

Sistemas MIDI

Tela de editor de partitura



Sistemas MIDI

Tela de ferramenta de composição

JAMMER Hit Session - (Country.cmp)

File Edit Select Styles Tools Util Devices Window Help

KEEP Solo Punch 001-002 Total Msr 50 Tempo 148 MS 001:00 Loop Off Feel Swing Key A Major 00:00 secs

Tracks

Track	Patch Name	Bank	Chan	Mode	Level	Velo	Pan	Revb	Chor	Tran	Action	Player	Style	Events
1	Acoustic Bass	--	1	Play	90	0	--	0	0	0	Comp	Bass	-----	162
2	Acoustic Grand	--	2	Play	90	0	--	20	0	0	Comp	Rhym	-----	140
3	Acoustic Grand	--	2	Play	90	0	--	20	0	0	Eras	Melo	-----	196
4	Rock Organ	--	3	Play	90	0	--	0	0	0	Eras	Rhym	-----	0
5	Rock Organ	--	3	Play	90	0	--	0	0	0	Eras	Melo	-----	0
6	Steel String	--	4	Play	90	0	--	40	0	0	Comp	Rhym	-----	127
7	Steel String	--	4	Play	90	0	--	40	0	0	Eras	Rhym	-----	104
8	Jazz Electric	--	5	Play	90	0	--	64	20	0	Eras	Melo	-----	0
9	Jazz Electric	--	5	Play	90	0	--	64	20	0	Eras	Harm	Edit Style	0
10	Alto Sax	--	6	Play	90	0	--	64	20	0	Eras	Melo	-----	0
11	Alto Sax	--	6	Play	90	0	--	64	20	0	Eras	Harm	Edit Style	0
12	Violin	--	7	Play	90	0	--	20	0	0	Eras	Melo	-----	722
13	Violin	--	7	Play	90	-10	--	20	0	0	Eras	Harm	Edit Style	695
14	Electric Piano1	--	8	Play	90	0	--	64	20	0	Eras	Rhym	-----	0
15	Electric Piano1	--	8	Play	90	0	--	64	20	0	Eras	Melo	-----	0
16	Banjo	--	9	Play	90	0	--	20	0	0	Eras	Rhym	-----	0
17	Banjo	--	9	Play	90	0	--	20	0	0	Eras	Rhym	-----	0
18	Synth Square	--	11	Play	90	0	--	64	20	0	Eras	Melo	-----	0
19	Synth Square	--	11	Play	90	0	--	64	20	0	Eras	Harm	Edit Style	0

Measures

1 A 2 E7

Country Stop 1

3 A 4

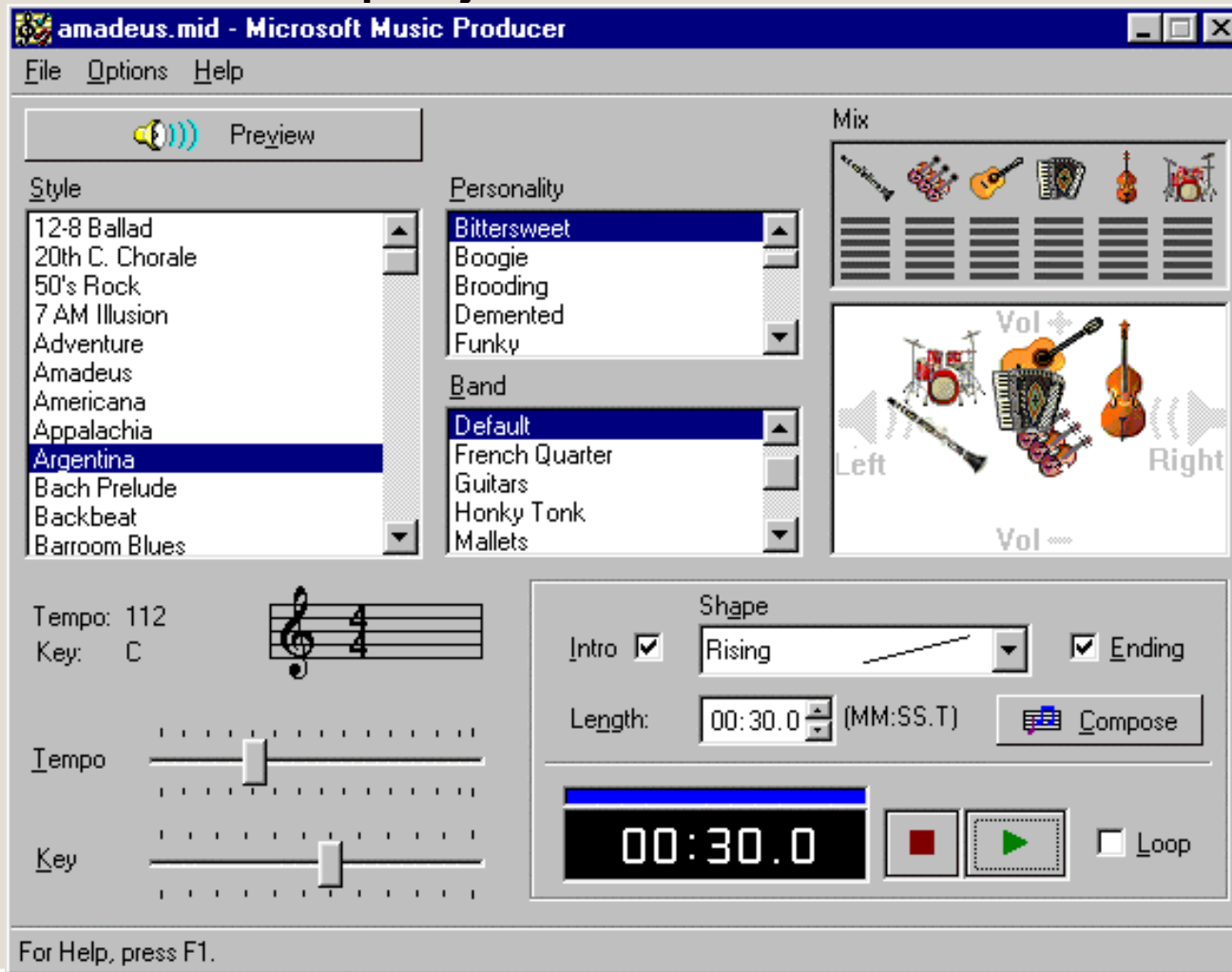
Country Stop 2

5 A 6

7 E7 8

Sistemas MIDI

Ferramenta de composição automática



Ruído e MIDI

- Ao contrário do áudio digital, o MIDI é genericamente livre de ruído uma vez que é sintetizado.
- Portanto, as técnicas de filtragem de ruído não precisam ser aplicadas a arquivos MIDI.